

[3] EDUCACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD DESDE LA PERSPECTIVA DE LA COMPLEJIDAD

J. Bonil, M. Junyent y R.M. Pujol

Grup de Recerca Còmplex. Dep. Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona

[Recibido en Junio de 2009, aceptado en Diciembre de 2009]

RESUMEN

Uno de los retos de la educación es dotar a la ciudadanía de los recursos que le permitan construir las oportunidades que se vislumbran en el actual contexto de crisis. El paradigma de la complejidad se constituye como una propuesta sólida para abordar dicho reto desde la educación ambiental, apostando por la ambientalización curricular. El paradigma de la complejidad emerge del diálogo entre una forma de pensar, un marco de valores y un modelo de acción que incorporan los principios de la ciencia contemporánea (estructuras, relaciones, organización, procesos...) Incorporar los principios de la complejidad a la educación ambiental comporta preguntarse cómo dichos principios hacen reconsiderar aspectos como el modelo de pensamiento, la relación entre disciplinas de conocimiento, la planificación de la acción, la relevancia de las emociones y la forma de abordar la investigación didáctica.

Palabras clave: *paradigma de la complejidad; educación ambiental; crisis; oportunidad.*

INTRODUCCIÓN

Viernes día 2 de octubre de 2009 a las 16h10', frente al ordenador, visualizando la página del buscador Google. Escribimos la palabra crisis y el resultado que aparece nos abruma: 263.000.000 para crisis (0,33 segundos). Una mirada superficial dibuja un contexto global de crisis y pone en evidencia la imposibilidad de convertir la información en conocimiento. ¿Estamos nosotros en crisis?

Etimológicamente la palabra griega crisis (κρίσις) significa decidir. La misma palabra en oriente va asociada a fluir, al cambio y a las oportunidades que se abren ante el cambio. Decisión y cambio, dos palabras que llevan implícita la idea de proceso. De hecho, el estado natural del mundo es el dinamismo, el cambio que varía su ritmo a partir de múltiples fluctuaciones y regulaciones que tienen un alto componente de caos. La crisis es el estado natural de las cosas. Aún así hay momentos en que las crisis son más acentuadas y sus efectos se hacen más visibles entre las personas.

Creemos que nos encontramos en un momento de crisis que pone en evidencia la complejidad de nuestro tiempo. Una crisis global emergencia del diálogo de como

mínimo tres crisis simultáneas: una socio-ambiental, una de valores y una de conocimiento.

Desde la perspectiva ambiental se evidencia una crisis resultado del diálogo entre individuos y medio; entre cultural y natural. Un panorama donde se hacen evidentes asimetrías globales que tienen como resultado conflictos sociales, movimientos migratorios, deterioro de ecosistemas... El planeta refleja grandes variaciones en su dinámica: cambios en la circulación oceánica, cambios en la composición atmosférica, en la frecuencia de los incendios, en la gestión del espacio (Terradas, 2005), aumento de la desertización, dificultad en la gestión de los residuos, un evidente cambio climático (Lovelock, 2007). Todos estos elementos confluyen en un escenario de interacción entre individuos y medio que genera constantes bucles retroactivos y recursivos. Lo que nos lleva a una situación de extrema urgencia (Mayor Zaragoza, 2009) que responde a nuestro modelo social como una sociedad del riesgo (Beck, 1997) resultado de un modelo utilitarista de relación con la naturaleza.

Desde la perspectiva de los valores nos encontramos en un momento de transición entre los valores que han caracterizado la modernidad y la emergencia de un nuevo escenario que podemos denominar postmodernidad (Mèlich, 2008) o modernidad líquida (Bauman, 2007); derivado de la evolución que toma la cultura occidental desde finales del siglo XX.

La postmodernidad es una etapa de cambio de referentes valóricos. Se renuncia a la modernización, la racionalización y el progreso (Morley, 1998) a la razón y a la historia (Mèlich, 2008) para apostar por la construcción continua del presente, la interpretación, la relevancia de las relaciones y el contexto, asumiendo que se han perdido los puntos de referencia absolutos que orientaron el pensamiento moderno (Mèlich, 2008).

Desaparecen algunos de los pilares que orientaron el desarrollo de la sociedad occidental como el progreso, la libertad, o la diferenciación entre objeto y sujeto en el proceso de construcción de conocimiento (Spaemann, 2007). Toman relevancia nuevos referentes como el tiempo de carácter puntillista, el consumo como eje estructurante de las sociedades, la incerteza, la pluralidad de estilos de vida y la identidad autoconstruidas (Bauman, 2005) que se convierten en el eje sobre el que giran tiempos líquidos.

La construcción de conocimiento no escapa a la crisis que estamos caracterizando. A lo largo del siglo XX la ciencia ha ido perdiendo su estatus social para pasar a estar cuestionada de forma significativa. La emergencia del concepto de tecnociencia (Sanmartín, 1992; Agazzi, 1996; Echevarria, 1998) ha dotado a la ciencia de una capacidad transformadora que va mucho más allá de la clásica finalidad de conocer el mundo. En el siglo XX conocimiento y acción van de la mano poniendo en evidencia la relación entre ciencia y valores que había negado el positivismo. Un proceso que se da en paralelo a la consolidación del concepto de sociedad del riesgo (Beck, 2002), un riesgo que ya no es azaroso o divino, como en el pasado, sino consecuencia de la acción humana. Se pone así en evidencia la incapacidad del conocimiento para hacer frente a nuevos fenómenos y prever desastres, perdiendo de este modo su estatus en la sociedad.

Como equipos educativos, reconocer el tiempo que vivimos como un tiempo de crisis nos lleva a preguntarnos *¿Qué educación puede favorecer la formación de una ciudadanía con la competencia de transformar los escenarios de crisis en contextos de oportunidad?* Y es aquí donde para nosotros se hace relevante replantearnos la educación ambiental. Entendemos que para convertir la crisis en oportunidad se requiere partir de plataformas rigurosas y flexibles, que nos estimulen a definir un modelo educativo que sea capaz de dar respuesta al contexto de crisis que hemos dibujado. Un modelo que, desde nuestro punto de vista, debe ser abierto, dinámico, que capacite a la ciudadanía para actuar, que sea capaz de establecer diálogos fluidos entre entidades desde el rigor y la reflexión.

Desde el trabajo que llevamos a cabo en el Grupo de Investigación Còmplex consideramos que la complejidad puede ser una plataforma para responder a la pregunta anterior. Para ello trabajamos en la definición epistemológica de la complejidad, en el desarrollo de materiales curriculares que incorporen los principios de la complejidad y en el desarrollo de investigaciones entorno a la complejidad. En el presente texto presentamos la complejidad como un paradigma para seguidamente proponer una educación ambiental que recoja sus principios. Finalmente introducimos una cartografía de la investigación que se está realizando desde el grupo Còmplex como forma de avanzar hacia la perspectiva de futuro que se abre con la incorporación de la complejidad en la educación ambiental.

LA COMPLEJIDAD COMO FORMA DE HACER FRENTE A LA CRISIS

Durante el siglo XX la construcción de modelos científicos ha presentado una gran evolución. Han aparecido líneas de trabajo dentro de diferentes campos de conocimiento que han puesto de manifiesto la necesidad de encontrar nuevas herramientas para hacer frente a preguntas y analizar fenómenos sobre los cuales el determinismo como modelo no muestra capacidad explicativa (Gell-Mann, 1995; Morin, 2000; Prigoginne, 1997a, 1997b; Reeves, de Rosnay, Coppens & Simonnet, 2001; Vilar, 1997).

Es un cambio en el conocimiento que tiene un carácter paradigmático (Johnson, 2003), en los términos que propone Khun: una revolución que *"no se centra en las explicaciones construidas en su intento de explicar el mundo sino en los tipos de preguntas que se plantea"* (Khun, 1971). Un nuevo paradigma que asume que todos los conceptos y teorías científicas son limitados y aproximados (Capra, 1996), que la ciencia no puede facilitar una comprensión completa y definitiva de los hechos del mundo sin caer en el cientifismo (Agazzi, 1996), o en la tecnocracia, (Sanmartín, 1992).

Así, por ejemplo, la evolución que ha hecho la biología a lo largo del siglo XX ha planteado críticas al modelo de ciencia reduccionista. Autores como Lewin (1995), plantean que al hablar de los seres vivos, la biología actual ha perdido la conciencia de organismo como un todo para centrarse en el conjunto de las partes. Para Lewin, si bien la biología molecular ha aportado avances importantes en el campo de la biología, su pérdida del concepto de organismo representa una dificultad que se debe superar. Ello plantea la necesidad de un cambio en la forma de ver a los seres vivos: *"En lugar de tratar principalmente unidades heterónomas que se relacionan con el*

mundo por medio de la lógica de la correspondencia, la nueva biología trata de unidades autónomas que funcionan mediante la lógica de la coherencia (Varela, 1989).

Desde la física, Prigogine pide un cambio cuando escribe: *"En este siglo se plantea frecuentemente la cuestión del futuro de la ciencia. Para algunos como Stephen W. Hawking (1993), estamos cerca del fin, del momento en que seremos capaces de descifrar "el pensamiento de Dios". Por el contrario, creo que la aventura acaba de comenzar. Asistimos a la emergencia de una ciencia que ya no se limita a situaciones simplificadas, idealizadas, nos instalamos delante de la complejidad del mundo real, una ciencia que permita a la creatividad humana convertirse en la expresión singular de una característica común a todos los niveles de la naturaleza"* (Prigogine, 1997b, pp. 12). Prigogine reivindica la visión del mundo como un ente complejo y la necesidad de introducir la creatividad como un elemento fundamental para conocerlo, desde una perspectiva de incerteza integradora de todos los niveles de la naturaleza.

Los cambios en la forma de ver los fenómenos del mundo que se han dado en diferentes campos de la ciencia, han derivado en la evolución del pensamiento científico hacia el emergente de la complejidad. En este proceso ha sido relevante la introducción de la perspectiva sistémica a partir de la teoría de sistemas, los trabajos sobre causalidad y autoorganización desarrollados en el campo de la cibernética y la teoría de la información, los estudios sobre azar e indeterminación aportados por la teoría cuántica y los estudios de sistemas dinámicos, así como la presencia de la irreversibilidad desde el campo de la termodinámica. Todo ello ha abierto una línea de investigación emergente dentro del campo de las ciencias experimentales que se ha unificado bajo el término de complejidad. Dicho término aparece a menudo como un concepto polisémico que ha llevado a duras críticas desde diversidad de ámbitos (Horgan, 1998), pero que va tomando identidad dentro del conocimiento científico.

Tres principios para orientar la complejidad

Aproximarse a los fenómenos del mundo desde la complejidad comporta adoptar tres principios de carácter epistémico que tienen presencia continua en la forma de entender el mundo: el sistémico, el dialógico y el hologramático.

El principio sistémico pone de relevancia las interacciones que se dan entre las entidades que conforman los fenómenos del mundo. Nos permite entender los fenómenos como redes formadas por nodos entre los que se presentan vínculos. Cada nodo está formado por una entidad y las relaciones se configuran como conexiones entre las que circula materia y energía. Desde el principio sistémico el mundo se conforma como una gran trama multidimensional en la que se suceden relaciones continuas entre elementos situados en diversidad de escalas.

Cuando podemos diferenciar una red dentro de su contexto hablamos de un sistema. Un sistema se puede definir (Bertalanffy, 1986) como un conjunto de elementos que mantienen una relación entre ellos y que interaccionan de forma conjunta con su entorno. Cada elemento que forma el sistema desarrolla de forma individual un repertorio de emergencias que garantizan su continuidad y a la vez presenta limitaciones en su comportamiento. El sistema como tal es a la vez más y menos que la suma de las partes. Más porque puede presentar emergencias que las partes por

separado no pueden elaborar. Menos porqué sus límites no le permiten realizar todas y cada una de las emergencias que presentan sus componentes.

El principio dialógico nos presenta la posibilidad de unir dos principios o conceptos que a primera vista pueden parecer contrapuestos pero son indisociables en una misma realidad (Morin, 2001). La integración de elementos antagónicos nos ayuda a entender la complejidad de los sistemas. La dialógica nos presenta las entidades dentro de un continuum en el que se mueven de forma permanente, donde no existe un punto equidistante entre extremos. Por ejemplo, analizar al individuo desde la perspectiva dialógica comporta moverse entre naturaleza y cultura para descubrir su esencia; entre individuo y especie en su dimensión natural o entre individual y colectivo en su perspectiva social. Siempre ejes donde los extremos, lejos de excluirse, se explican mutuamente de forma recíproca y dinámica.

Desde este punto de vista los sistemas se mueven en la dialógica clausura/apertura. Clausura porqué mantienen unos límites que permite diferenciarlos del entorno y por lo tanto darles identidad. Apertura porqué todo sistema es una red abierta que recibe fluctuaciones del medio que le permiten su continuidad como sistema.

Para garantizar la continuidad dentro del sistema emerge la organización que podemos entender como los mecanismos de carácter subyacente que permiten regularse ante las fluctuaciones del medio en un diálogo entre orden y desorden que tiene como consecuencia un aumento del desorden del medio para garantizar el orden interno del sistema. Descubrimos de este modo los sistemas como entidades procesales, en continuo dinamismo para garantizar su continuidad como tales.

El principio hologramático establece una relación de inclusión entre todo y partes, sistema y componentes. Desde el principio hologramático el todo está formado por partes y a la vez el todo está dentro de cada parte (Morin, 2001). Entender los seres vivos desde este principio comporta relacionar organismo y célula, pues el primero está formado por células y a la vez cada célula contiene la totalidad del individuo en la información genética. Desde la perspectiva social el conjunto de individuos forma la sociedad y a la vez toda la sociedad está en cada individuo en forma de lenguaje y cultura.

El principio hologramático aporta el concepto de escala fractal, de carácter inclusivo y redundante, pone de relevancia la interacción interna del sistema. Comporta que cada fluctuación que recibe el sistema desencadene un conjunto de procesos que ponen en relación las diversas escalas incorporando mecanismos de transporte y relaciones causales de carácter retroactivo y recursivo. De este modo se establece una relación continua entre sistema y componentes que determina un flujo continuo y una gran incerteza en el conocimiento último de la dinámica de un sistema.

De este modo el objetivo de cualquier aproximación a un fenómeno del mundo es su focalización sin perder la relación con las escalas superior e inferior, simplificar sin aislar.

En conclusión, aproximarse a los fenómenos desde la complejidad consiste en un cambio de visión que tiene como ejes fundamentales el descubrimiento de las relaciones y el pensamiento procesal (Capra, 1996): relaciones que están presentes en los hechos del mundo de forma contextual, en la que diversidad de escalas

interactúan de forma continuada; y un pensamiento procesal que da relevancia a los procesos de cambio frente una tradición científica que se preocupaba únicamente por los estados (Izquierdo et al., 2004).

La emergencia de un paradigma

Si entendemos los procesos de enseñanza aprendizaje como espacios de diálogo entre una forma de pensar, un marco de valores y un modelo de acción (Izquierdo, Espinet, Bonil & Pujol, 2004); incorporar los principios sistémico, dialógico y hologramático como valores epistémicos comporta caracterizar lo que entendemos por pensamiento, valores y acción desde la complejidad.

El *pensamiento*, desde la complejidad, se encuentra en constante construcción a partir de la interacción permanente con su entorno. Es un pensamiento que dialoga entre el todo y las partes, que entiende los antagónicos como complementarios desde una perspectiva no reduccionista. Integra la creatividad como diálogo entre imaginación y racionalidad. Permite ir de aquello que es local a lo global sin perder de vista la vinculación entre los dos elementos como partes de un todo. Un pensamiento que analiza los fenómenos desde el principio sistémico entendiendo que los hechos se explican desde la relación entre multitud de causas y efectos. El pensamiento complejo aparece como una forma articuladora de organizar el propio pensamiento y de elaborar respuestas a las preguntas y los retos que le presenta el contexto.

En su *dimensión ética*, la complejidad define los valores en un continuo diálogo entre antagónicos. Propone una opción ética que constituye un marco orientativo para la transformación de la sociedad. Desde esta perspectiva, valores como la sostenibilidad, la libertad o la diversidad se entienden como el resultado del diálogo entre antagónicos. La sostenibilidad se constituye como el diálogo entre ambiocentrismo y antropocentrismo estableciendo la relación de los individuos con el medio desde una perspectiva que conjuga las dimensiones culturales y biológicas. Configurar la libertad desde posicionamientos de equidad implica dialogar entre la autonomía y la dependencia de los individuos para asumir lo que tienen de sociales y favorecer la capacidad de elaborar el propio criterio delante de los hechos del mundo. La diversidad se configura como el diálogo entre la heterogeneidad y la homogeneidad entendiendo a los individuos a partir de lo que poseen de iguales e incorporando aquello que les distingue de los demás.

La *acción compleja* se define como un método-estrategia que se constituye como diálogo continuo entre teoría y acción (Morin 2001). Una acción que es capaz de modularse de forma permanente frente a las respuestas que encuentra en el contexto, donde el punto de partida es claro y los objetivos y el itinerario se va construyendo de forma continuada. El individuo es a la vez *individuo-actor-sujeto-estratega* (Roger, 1999), agente y paciente, constructor y construido. La sociedad se estructura a partir de un modelo político en el que la justicia y la democracia constituyen la forma de entender las relaciones entre los individuos. Donde la ciudadanía toma una dimensión planetaria que constituye el marco de actuación sobre el mundo que la dota simultáneamente de libertad y responsabilidad.

La consideración de la complejidad como una forma de pensar, un marco de valores y una forma de orientar la acción permite situarla como paradigma entendido como "el

conjunto de asunciones interrelacionadas sobre el mundo social que aportan una estructura filosófica y conceptual para el estudio del mundo” (Khun, 1971). En concreto, el paradigma de la complejidad se conforma como un marco teórico en que dialogan pensamiento, valores y acción en un esquema retroactivo que se genera de forma dinámica en la interacción entre los tres elementos.

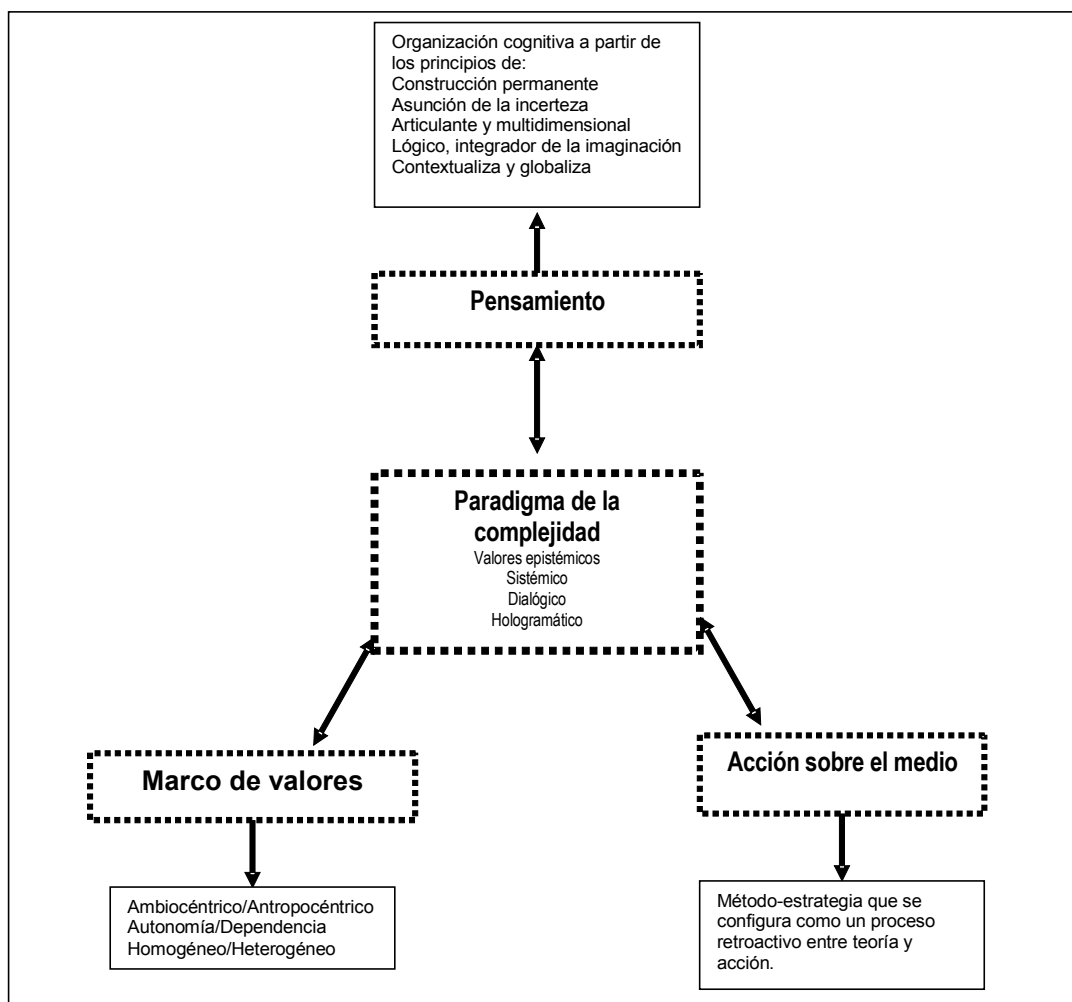


Figura 1.- Representación del paradigma de la complejidad (Bonil et al., 2004).

El paradigma de la complejidad (Bonil, Sanmartí, Tomàs & Pujol, 2004a), se constituye como una propuesta que permite integrar a la educación ambiental las características fundamentales del conocimiento contemporáneo: un estilo de pensamiento que permite construir modelos explicativos, un marco de valores que orienta la forma de posicionarse delante el mundo y una forma de actuar desde una perspectiva transformadora. Aparece como un planteamiento que pretende ser significativo y orientador en el diseño, aplicación y evaluación de los procesos de enseñanza aprendizaje desde la educación ambiental.

La figura 1 constituye una representación gráfica del paradigma de la complejidad que puede ser útil como síntesis de las ideas expresadas hasta el momento.

PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

En el marco de la educación ambiental la presencia de la complejidad es reciente (García, 1998; Mayer, 2002; Pujol 2002, 2003; Bonil et al. 2004a; Sauvé, 2006). Paralelamente se han desarrollado diversidad de movimientos que han relacionado la educación ambiental y la complejidad desde una perspectiva polisémica en la que se ha identificado complejidad a holismo o a visiones de carácter sensiblemente místico (Moraes & de la Torre, 2006).

Los principios del paradigma de la complejidad pueden ser una herramienta muy potente para dar relevancia a la educación ambiental desde cualquier disciplina curricular, favoreciendo los procesos de ambientalización curricular (Junyent, Geli & Arbat, 2003) En el presente texto tomamos como punto de referencia la educación científica y hacemos algunas propuestas derivadas de repensarla desde los principios del paradigma de la complejidad con la finalidad de convertirla en una disciplina ambientalizada.

Entendemos los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias como procesos de modelización (Izquierdo et al., 1999) donde pensar hacer y comunicar se constituyen como tres dimensiones básicas (Izquierdo, 2003). Las acciones educativas significativas son las que ponen en relación estas tres dimensiones de forma que aquello que se hace, se piensa y se siente. Se piensa sobre lo que se hace y se siente y se dice lo que se piensa, lo que se hace y se siente en un continuo bucle retroactivo. Es un proceso de generación de conocimiento donde toman relevancia los modelos conceptuales de las disciplinas de conocimiento como una de las formas en que los individuos construyen patrones organizativos de los hechos del mundo (Varela 1989). Es un conocimiento que capacita a la ciudadanía en formación para comprender el mundo, actuar sobre él y desarrollar de forma continuada la capacidad de generar nuevas competencias en función de nuevas situaciones, fenómenos y exigencias.

Plantear la educación ambiental desde esta perspectiva permite considerar el conocimiento como saber sabio (Izquierdo et al., 2004). Un saber que es dinámico, evolutivo, abierto y no se capta mediante la información. Un saber que toma como significativas las dimensiones cognitivas de construcción de modelos explicativos y la dimensión ciudadana de acción sobre el medio. Desde este marco la educación ambiental toma una perspectiva de garantía de democracia; se constituye en un medio para formar a la ciudadanía para situarse ante el mundo desde una perspectiva no reduccionista y con capacidad de intervención desde una perspectiva transformadora.

Situar la educación ambiental en el marco del paradigma de la complejidad supone aceptar el reto de reinterpretar los procesos de enseñanza aprendizaje desde una nueva forma de aproximarse, explicar y actuar sobre los fenómenos del mundo. La educación ambiental se configura como un espacio de encuentro permanente entre alumnado, docentes y saberes, orientado hacia la finalidad común concretada en una forma de entender la formación ciudadana. El paradigma de la complejidad introduce en estos ámbitos un foco de atención que lleva a considerar nuevas direcciones. Obliga a plantearse un nuevo modelo de pensamiento, capaz de hacer frente a nuevos fenómenos. Sitúa la necesidad de establecer puentes entre disciplinas diversas y sus correspondientes modelos explicativos. Imaginar la educación ambiental desde la

complejidad obliga también a reformular de manera significativa la acción sobre el medio y darle un enfoque más estratégico. Finalmente, el paradigma de la complejidad anima a recuperar el papel de la emociones como elemento central en el proceso de construcción del conocimiento científico.

A continuación se presentan brevemente algunas de las implicaciones que tienen en la educación ambiental los cambios propuestos.

Educación ambiental y pensamiento complejo

Entendemos que la educación ambiental ha de capacitar a la ciudadanía para construir modelos explicativos sobre los fenómenos del mundo relacionando los modelos conceptuales de las disciplinas y los modelos mentales del alumnado. Un proceso que ha de permitir a los individuos hacerse preguntas pertinentes ante los hechos que se les presentan, comprender los procesos que se desarrollan, planificar acciones y predecir sus consecuencias.

Cuando se centra la atención en los modelos conceptuales, desde la perspectiva de la complejidad, estos se entienden como modelos complejos; deberán pues ser modelos que reflejen de forma simultánea un enfoque sistémico, dialógico y hologramático.

Incorporar la perspectiva sistémica en la educación ambiental supone situar los fenómenos objeto de estudio como organizaciones, donde confluyen simultáneamente multitud de causas y efectos, con un componente significativo de indeterminación, y considerar la dimensión temporal que da relevancia a la perspectiva evolutiva e histórica de los fenómenos. Desde este marco, el estudio de los seres vivos, por ejemplo, debe abordarse como el resultado de un diálogo continuo entre una estructura, unas funciones y un flujo. Ello conlleva dejar de verlos como una forma estática para entenderlos como una organización con historia, y también supone que la indeterminación tome relevancia dado que se desconocen aquellos elementos que compartirán la historia del sistema y como se orientan en el futuro. Como consecuencia supone considerar el ser vivo como un sujeto expuesto a variables (cualquier perturbación del medio en el que vive) y a respuestas desconocidas (aparición de nuevos depredadores, una disminución drástica de nutrientes,...).

Incorporar la perspectiva dialógica en la actividad científica escolar supone replantear el enfoque de los fenómenos para presentarlos desde un constante dinamismo derivado de un diálogo continuo con su entorno. Se vuelve fundamental tener presente la interacción entre medio interno y medio externo, entre orden y desorden, entre estabilidad y cambio. Es básico, por ejemplo, en el caso de los seres vivos, verlos como procesos continuos de autotransformación y transformación del medio, ver que su organización responde a las posibilidades de desarrollarse en un ambiente en función de los límites que este le impone y de la información genética que posee, permitiendo que pueda ser y consecuentemente vivir, o al contrario, impedir que sea, y, por tanto, morir.

Finalmente, incorporar la visión hologramática en la educación ambiental convierte en relevante el constante diálogo entre el macro, el meso y el micro. Plantea la necesidad de no perder de vista las diferentes escalas de análisis de los fenómenos para poder viajar entre ellas sin perder de vista sus conexiones. Un viaje indisociable de la

incerteza y el dinamismo ya que es imposible conocer el número y la intensidad de las múltiples conexiones existentes.

Abordar el estudio de un ser vivo desde esta perspectiva supone establecer continuas relaciones entre lo que se ve, nivel meso (individuo), y los niveles micro (medio interno), y macro (medio externo), no sólo para explicar los distintos aspectos, sino para detectar las regularidades que se repiten y que sirven como herramientas para reconstruir el modelo mental de ser vivo. Lejos de construir una aproximación simplificada al fenómeno, el viaje continuo entre niveles escalares constituye una forma de aproximarse a su comprensión, haciendo evidente las relaciones retroactivas que se dan entre las tres escalas. Se trata de una aproximación en lo que aquello que es simple no existe sino como ejercicio de pensamiento que desconecta momentáneamente la parte del todo, para después de profundizar en ella volver a establecer conexiones con el todo.

En definitiva, introducir el pensamiento complejo en la educación ambiental comporta incorporar el interés por los aspectos dinámicos y relacionales de los fenómenos como una de las grandes ideas que configuran la forma de mirar el mundo de la ciencia actual. Se torna fundamental entender los fenómenos como sistemas abiertos que establecen multitud de interacciones que tienen su reflejo en diversidad de procesos simultáneos, a diferentes escalas, que llevan a mostrar nuevas emergencias.

Educación ambiental y diálogo disciplinar

Abordar los retos de nuestro tiempo comporta articular relaciones entre las diferentes disciplinas del conocimiento. Si bien en el ámbito educativo la literatura sobre interdisciplinariedad, multidisciplinariedad y transdisciplinariedad es amplia, desde el paradigma de la complejidad se propone el concepto de diálogo disciplinar. El diálogo disciplinar (Bonil et al., 2004b), implica establecer un eje dialógico entre aquello que es esencial de una disciplina y la perspectiva holística que confluye en los fenómenos. Tal como se muestra en la figura 2, el diálogo disciplinar implica entender los hechos del mundo como espacios donde las distintas disciplinas pueden dialogar para construir nuevos puntos de vista.

Así, por ejemplo, si se aborda en la clase el estudio de la alimentación humana, el modelo conceptual ser vivo tiene una gran relevancia. Pero comprender la complejidad del fenómeno alimentación comporta dialogar con aspectos relacionados con las culturas, el consumo en todas sus perspectivas, los aspectos éticos y de valores relacionados con el acto social de la alimentación e incluso ver como han evolucionado los modelos familiares. Desde el diálogo disciplinar, abordar el tema de la alimentación, conlleva situarlo en un espacio de diálogo entre disciplinas, que debe facilitar tanto la modelización en cada disciplina como una visión de conjunto derivada de poner en contacto los modelos de cada una de ellas.

El diálogo disciplinar parte de la necesidad de situarse en una disciplina en concreto, pero, a la vez, permite organizar las disciplinas de conocimiento en una relación no jerárquica. Es un ir y venir, entre la visión del fenómeno desde una disciplina donde el modelo de cada disciplina es imprescindible y un espacio de contraste que posibilita la creación de nuevas visiones. Un espacio donde se estimula el diálogo entre los

conocimientos que sobre el fenómeno aportan cada una de las disciplinas de conocimiento.

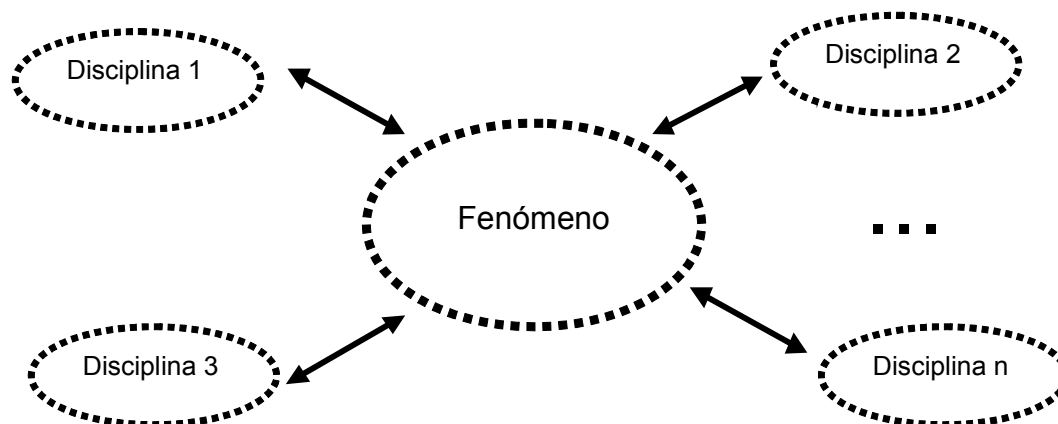


Figura 2.- Modelo de relación entre disciplinas como Diálogo Disciplinar (Bonil et al, 2004b).

El dialogo disciplinar aporta una visión del conocimiento en constante construcción. Conlleva un componente de incerteza ya que afloran los límites que presenta cada disciplina para comprender la totalidad del fenómeno. Ofrece una visión integrada de los hechos del mundo, partiendo de la consideración de diferentes puntos de vista.

El diálogo disciplinar permite huir tanto de un reduccionismo disciplinar que cree encontrar todos los abordajes de un fenómeno ambiental en una disciplina como de un reduccionismo holístico muy próximo a posicionamientos ambientalistas de carácter reduccionista. Permite considerar de forma relevante todas las formas de conocimiento sin perder de vista el rigor y asumiendo el límite de cada disciplina.

Educación ambiental y acción

La educación ambiental es una actividad que debe capacitar a los individuos para construir su forma de sentir, pensar y actuar sobre el mundo, poniendo en juego los tres elementos de forma simultánea. La educación ambiental se configura de este modo como una acción transformadora de cada individuo, del mundo y de ella misma, abierta a un futuro indeterminado.

Desde el paradigma de la complejidad la acción se entiende como estrategia ecológica de la acción (Morin 2001), donde se entiende la acción en la confluencia de intereses que se dan en una sociedad plural y democrática. Desde el paradigma de la complejidad, la acción toma una dimensión estratégica que capacita a los individuos a definir el punto de partida, los objetivos a conseguir y los medios para llegar a ellos. Pero a la vez la estrategia es flexible y, por lo tanto, capaz de modelarse en función de las respuestas que se reciben del medio. Es un proceso creativo en el que la construcción de estrategias de acción toma relevancia sobre el resultado final al que se llega. Con ello, el alumnado, puede entender que actuar sobre el medio es entrar en un conflicto de intereses en que no siempre se implementa la propuesta presentada.

Generalmente las temáticas abordadas desde la educación ambiental están relacionadas con aspectos sociales, de salud, de consumo, etc., que permiten relacionar el currículum con la vida cotidiana. Aparece aquí el peligro de caer en análisis moralistas y dogmáticos donde la toma de decisiones de acción está preestablecida y la clase se convierte en un escenario donde se administran mensajes reduccionistas que no estimulan el desarrollo del pensamiento del alumnado. Desde la perspectiva de la complejidad se plantea que el énfasis de su abordaje no debe situarse en los resultados finales de las acciones. Lo que resulta interesante es elaborar propuestas considerando que el objeto de estudio es un punto de confluencia de diversidad de intereses, que cada una de las propuestas que se pueden hacer en el aula son una entre muchas y que éstas pueden entrar en contradicción con los intereses de otros colectivos. Lo relevante es darse cuenta de que es importante darlas a conocer teniendo presente que en una sociedad democrática se avanza mediante el diálogo y la tolerancia, pensado que la opción final tomada por la comunidad puede ser muy distinta a la propuesta elaborada en el aula.

Toma así relevancia el pensamiento estratégico desde una perspectiva cooperativa. La competencia de definir objetivos de forma conjunta, de establecer medios para conseguirlos, y sobre todo, de ser capaces de cambiar la estrategia en función de las respuestas del medio. Aprender se convierte en aprender a modular la acción, a cambiar de opinión, de objetivo o de instrumento a partir de contrastar el modelo disciplinar con la respuesta que se recibe del entorno. Se construye de este modo un espacio de diálogo continuo entre pensamiento, acción y comunicación que desde una perspectiva flexible permite entender la estrategia desde un marco abierto y creativo.

Educación ambiental y emociones

Incorporar la educación ambiental al aula comporta plantearse la necesidad de buscar modelos de pensamiento que estimulen la creatividad, la imaginación, la emoción, el sentimiento, la intuición, la irrepitibilidad, el desorden, la libertad. Que permitan construir libremente estrategias, reconociendo los límites, utilizando las reglas que permiten activar la creatividad que es racional y también intuitiva, integradora de pensamiento y sentimiento.

Situados en la perspectiva de la educación ambiental construir conocimiento supone crear modelos de pensamiento y acción y ello es indisociable al hecho de imaginar, de emocionarse, en la construcción de nuevas ideas con las que elaborar nuevas hipótesis que permitan avanzar en la construcción de nuevos conocimientos. Un proceso donde se encuentran la racionalidad que supone la reconstrucción de modelos mentales, y lo emocional que comporta llevar a cabo un acto creativo. Pensar, por ejemplo, en el estudio de los seres vivos no debe significar exclusivamente plantear formas reiterativas, poco funcionales y repetitivas a lo largo de la escolaridad. Debe implicar emocionarse planteando preguntas significativas nacidas de contextos comunes planteados en el aula. Debe conllevar ejercitar la creatividad para encontrar respuestas haciendo una inmersión en el nivel micro (aquello que no veo pero puede imaginarse) y una proyección al nivel macro (aquello que va más allá de lo visible). Debe suponer vivir la tensión emocional asociada al hecho de contrastar la propia representación creada con la elaborada por otros compañeros, al de ejercitar la

imaginación para comprender sus formas de ver la cuestión, para, conjuntamente, tener la satisfacción de formular respuestas consensuadas; respuestas que posiblemente pongan en crisis la representación inicial creada, la hagan evolucionar generando nuevas preguntas y permitan ir encontrando nuevas regularidades en el modelo de ser vivo.

Entender la educación ambiental desde el paradigma de la complejidad comporta activar de forma permanente un proceso de construcción intelectual que está en constante diálogo entre certeza e incerteza, entre orden y desorden, entre rigor y creatividad y que no está al margen de la emoción y la imaginación. Es una forma de entender la educación ambiental que no pierde de vista la perspectiva emocional dado que desarrolla la curiosidad, valora la interacción social, establece un diálogo entre estabilidad y cambio, posibilita crear el propio conocimiento científico mediante un diálogo permanente entre el rigor y la creatividad (Mayer, 2002). Es un planteamiento de la educación ambiental que presupone que la emoción y la creatividad no se repelen con la construcción de conocimiento en la escuela. Un conocimiento que se disfruta y es útil para vivir, inventar y crear un futuro más equitativo y sostenible.

En definitiva, apostar por reformular la educación ambiental desde el paradigma de la complejidad comporta repensar algunas formas de entender la educación ambiental. Necesitamos definir un modelo educativo abierto que huya de cualquier reduccionismo y por lo tanto esté en continuo diálogo con el entorno. Un modelo dinámico en permanente construcción y que por lo tanto se regule en función de las fluctuaciones del medio sin pretender llegar a un final de la historia más o menos utópico. Un modelo fundamentado en el diálogo entre saberes que favorezca el rigor y la reflexión. Un modelo que dé protagonismo a la ciudadanía para intervenir de forma transformadora en el mundo, construir y ser construida. En definitiva una apuesta por revisar lo que entendemos por educación ambiental asumiendo los riesgos que comporta una acción innovadora.

INVESTIGAR EN UNA EDUCACIÓN AMBIENTAL DESDE LA COMPLEJIDAD

Pensamos que un texto como el presente sería incompleto si no considerara una referencia, aunque breve, a la investigación que se lleva a cabo en la relación entre paradigma de la complejidad y educación ambiental.

Dentro de la investigación didáctica, las aproximaciones a la complejidad constituyen un núcleo emergente que se ha desarrollado con fuerza durante los últimos años (Bonil, 2005; Garcia, 2004; Orellana, 2008, Pujol & Espinet, 2004). En nuestro caso centraremos las referencias en el trabajo del grupo de investigación Còmplex del Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona donde trabajamos desde el año 2002 en la incorporación de los principios del paradigma de la complejidad a la educación científica, como vía de acceso a la educación ambiental.

Los datos derivados de las investigaciones llevadas a cabo ponen de relevancia que el trabajo sobre el paradigma de la complejidad debe sostenerse en el necesario diálogo entre su dimensión epistemológica y su dimensión ontológica. La primera ha de servir para reforzar la definición del propio paradigma, generando una trama conceptual que

sea coherente con los principios sistémico, dialógico y holográfico como valores epistémicos y su vigencia en las sociedades contemporáneas.

En la dimensión ontológica se hace fundamental generar contextos formativos y materiales curriculares que permitan implementar los principios del paradigma de la complejidad en los currículums que orientan las actividades educativas.

La finalidad que orienta el trabajo del grupo Còmplex es favorecer el desarrollo de un marco de investigación en el paradigma de la complejidad que permita avanzar en la presencia de la educación ambiental en diversidad de contextos educativos. Para ello se están desarrollando una serie de investigaciones que pretenden profundizar en:

- Las implicaciones que tiene la incorporación del análisis de la sociedad que nos aporta la modernidad líquida en la definición del paradigma de la complejidad, especialmente en su dimensión ética.
- El diálogo disciplinar como forma de abordar la relación entre saberes y la forma de posicionarse ante los fenómenos.
- Las características que ha de tener una formación inicial de maestros y educadores ambientales que favorezca el desarrollo de modelos complejos de pensamiento, acción y valores.
- La distancia entre las concepciones que tiene el alumnado y el profesorado sobre los fenómenos ambientales y la visión que aporta el paradigma de la complejidad.
- El desarrollo de modelos de pensamiento complejo en el alumnado especialmente en referencia a la causalidad y la forma de construir modelos de pensamiento y acción compartidos.
- La presencia de los principios del paradigma de la complejidad en los modelos didácticos de las instituciones que trabajan la educación ambiental.
- El espacio que tienen las emociones en las actividades educativas que tienen como finalidad favorecer la educación ambiental.

A MODO DE CONCLUSIÓN

Desde la complejidad tiene sentido la relación dialógica entre crisis y oportunidad. La crisis nos desorienta, nos sentimos extraños, incluso nos crea ansiedad ante la evidencia de que se cuestionan nuestros referentes. La oportunidad da luz a la situación, nos anima a descubrir salidas crisis a animarnos ante la incerteza de la situación. Pero no seamos ingenuos, crisis y oportunidades son construcciones humanas con un elevado carácter azaroso. Por eso ante situaciones de crisis necesitamos herramientas para construir oportunidades asumiendo que el cambio es el estado natural del mundo.

Creemos que la educación ambiental puede ser una plataforma valiosísima para estimular la construcción de oportunidades. Ello comporta situarse frente al mundo desde un posicionamiento abierto al cambio, que dialogue entre rigor y espontaneidad. En un contexto global que a menudo sorprende y desorienta, la educación ambiental necesita construir nuevas herramientas que le ayuden a planificar

su acción. Para ello la investigación constituye una herramienta fundamental. Es un camino sugerente, que se va configurando en un diálogo continuo entre certeza e incerteza, estabilidad y cambio. Un camino que abre multitud de preguntas y sugiere diversidad de perspectivas de investigación sobre la forma en que la educación ambiental, como disciplina, se debe reconfigurar ante un mundo cambiante que plantea nuevos retos de forma permanente. Desde el grupo Còmplex consideramos que el paradigma de la complejidad puede ser un potente trampolín para abordar este reto, pero no podemos caer en un reduccionismo complejo. Necesitamos convertir la educación ambiental y el propio paradigma de la complejidad en un sistema complejo. Espacios donde relaciones, organizaciones, procesos y escalas se hagan evidentes de forma permanente configurando un contexto de cambio permanente que oriente el abordaje de las crisis que presenta el tiempo que nos ha tocado vivir.

REFERENCIAS

- Agazzi, E. (1996). *El bien, el mal y la ciencia*. Madrid: Tecnos.
- Bauman, Z. (2005). *Identitat. Converses amb Benedetto Vecchi* [Identity. Conversations with Benedetto Vecchi]. València: Universitat de València.
- Bauman, Z. (2007): *Temps líquids, Viure en una època d'incertesa*. Barcelona: Viena Edicions.
- Beck, U. (1997). *La sociedad del riesgo, hacía una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós.
- Beck, U. (2002). *La sociedad del riesgo global*. Madrid: Siglo Veintiuno de España Editores.
- Bertalanffy, L. V. (1986). *Perspectivas en la Teoría General de Sistemas*. Madrid: Alianza Editorial.
- Bonil, J.; Sanmartí, N.; Tomás, C.; Pujol, R.M. (2004a). Un nuevo marco para dar respuesta a las dinámicas sociales: el paradigma de la complejidad. *Investigación en la escuela*, 53, 5-19.
- Bonil, J.; Calafell, G.; Márquez, C.; Pujol, R.M. (2004b). "La integración del paradigma de la complejidad a la formación científica como vía de acceso a la ambientalización curricular: las preguntas mediadoras y el diálogo disciplinar", en A.M Geli & M. Junyent (eds) *Ambientalización Curricular de los Estudios Superiores*. Girona: Universitat de Girona - Red ACES.
- Bonil, J. (2005). *La recerca avaluativa d'un programa de l'assignatura de Didàctica de les Ciències Experimentals dissenyat prenent com a marc teòric el paradigma de la complexitat: Orientacions per al canvi*. Tesis doctoral. Departamento de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals, UAB.
- Capra, F. (1996). *La trama de la vida, una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona: Anagrama.
- Echevarría J. (1998). *Filosofía de la ciencia*. Barcelona: Akal.

- García, J.E. (1998). *Hacia una teoría alternativa de los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.
- García, J.E. (2004). Los contenidos de la Educación Ambiental: una reflexión desde la perspectiva de la complejidad. *Investigación en la Escuela*, 53, 31-51.
- Junyent, M.; Geli, A.M.; Arbat, E. (Eds.) (2003). *Proceso de caracterización de la Ambientalización Curricular de los Estudios Universitarios*. Girona: Universitat de Girona - Red ACES.
- Gell-Mann, M. (1995). *El quark y el jaguar, aventuras en lo simple y lo complejo*. Barcelona: Tusquets.
- Horgan, J. (1998). *El fin de la ciencia, los límites del conocimiento en el declive de la era científica*. Barcelona: Paidós.
- Izquierdo, M.; Espinet, M.; García, M.P.; Pujol, R.M.; Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra junio, 79-92.
- Izquierdo, M.; Sanmartí, N. (2003). "Fer ciència a través del llenguatge". En N. Sanmartí (Coord.). *Aprender ciències tot aprenent a escriure ciència*, 9-28. Barcelona: Edicions 62.
- Izquierdo, M.; Espinet, M.; Bonil, J.; Pujol, R.M. (2004). Ciencia escolar y complejidad. *Investigación en la escuela*, 53, 21-29.
- Johnson, S. (2003). *Sistemas emergentes, O qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. México DF: Turner, Fondo de Cultura Económica.
- Khun, T.S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: FCE.
- Lewin, R. (1995). *Complejidad, el caos como generador del orden*. Barcelona: Tusquets.
- Lovelock, J. (2007). *La venjança de la Terra. Per què es revolta la Terra i com encara podem salvar la humanitat*. Barcelona: Columna.
- Mayer, M. (2002). "Ciudadanos del barrio y del planeta". En F. Imbernon, (Coord). *Cinco ciudadanías para una nueva educación*, 83-104. Barcelona: Graó.
- Mayor Zaragoza, F. (2009). La problemática de la sostenibilidad en un mundo globalizado. *Revista de Educación*. Número extraordinario, 25-52. Madrid: Ministerio de Educación.
- Mèlich, J.C. (2008). "Filosofía y educación en la postmodernidad". En G. Hoyos Vázquez, *Filosofía de la educación. Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía*. Vol. 29, 35-53. Madrid: Trotta.
- Moraes, C.; de la Torre, S. (2006). Pesquisando a partir do pensamento complexo - elementos para uma metodologia de desenvolvimento eco-sistêmico. *Revista Educação*, 58, 145-172.
- Morin, E. (2000). *Els set coneixements necessaris per a l'educació del futur*. Barcelona: UNESCO.

- Morin, E. (2001). *Tenir el cap clar*. Barcelona: La Campana.
- Orellana, M.L. (2008). *La construcción de cuentos como proceso de modelización del entorno en la formación inicial de maestros de educación infantil desde la perspectiva de la semiótica social*. Tesis doctoral. Dep. Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Prigogine, I. (1997a). *El fin de las certidumbres*. Barcelona: Taurus.
- Prigogine, I. (1997b). *¿Tan sólo una ilusión? Una exploración del caos al orden*. Barcelona: Tusquets.
- Pujol, R.M. (2002). Educación científica para la ciudadanía en formación. *Alambique*, 32, 9-16.
- Pujol, R.M. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Síntesis.
- Pujol R. M.; Espinet, M. (2004). *Construir el model d'ésser viu a l'escola infantil i primària*. I i II Seminari-Taller d'Educació Científica (3-10 Anys). Barcelona: Museu de la Ciència de la Fundació "la Caixa". 24.
- Reeves, H.; de Rosnay, J.; Coppens, Y.; Simonnet, D. (2001). *La història més bella del món*. Barcelona: Edicions 62.
- Roger, E (1999), *Complejidad, Identidad, Relativismo cultural y individuo* [en línia], <<http://www.complejidad.org>>.
- Sanmartín, J. (1992). *Los nuevos redentores, reflexiones sobre la ingeniería genética, la sociobiología y el mundo feliz que nos prometen*. Barcelona: Anthropos.
- Sauvé, L. (2006). La educación ambiental y la globalización: Desafíos curriculares y pedagógicos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 41, 83-101.
- Spaemann, R. (2007). *El final de la modernidad*. Barcelona: CEU Ediciones.
- Terradas, J. (2005). *Biografía del món de l'origen de la vida al col·lapse ecològic*. Barcelona: Columna.
- Varela, F. (1989). "Haciendo Camino al andar". En W.I. Thomson (Coord.) *Gaia, Implicaciones de la nueva biología*. Barcelona: Kairós.
- Vilar, S. (1997). *La nueva racionalidad. Comprender la complejidad con métodos transdisciplinarios*. Barcelona: Kairós.

EDUCATION FOR SUSTAINABILITY FROM THE PERSPECTIVE OF THE COMPLEXITY

SUMMARY

One of the challenges of education is to outfit the citizenship with the resources that will enable the construction of the opportunities that are emerging in the current context of crisis. The paradigm of the complexity is established as a coherent proposal to address these challenges from the environmental education. The paradigm of complexity emerges from the dialogue between a new way of thinking, a framework of values and a model of action that embody the principles of contemporary science (structures, relationships, organization, processes ...) Integrating the principles of the complexity to environmental education involves to question how these principles reconsider the model of thinking, the relationship between disciplines of knowledge, action planning, the relevance of the emotions and how to address the educational research.

Keywords: *Education for sustainability; paradigm of the complexity; educational research; crisis, opportunity.*